

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTA DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL



T E S I S

Análisis hidrológico del relleno sanitario municipal en el Distrito de

Huayllay – Provincia y Región Pasco

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autor:

Bach. Yajhaira Nataly JARA ESCANDON

Asesor:

Mg. Edgar Walter PEREZ JUZCAMAYTA

Cerro de Pasco – Perú – 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTA DE INGENIERÍA

ESCUELA FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL



T E S I S

**Análisis hidrológico del relleno sanitario municipal en el Distrito de
Huayllay – Provincia y Región Pasco**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado.

Dr. Luis Alberto PACHECO PEÑA
PRESIDENTE

Mg. Eleuterio Andrés ZAVALITA SÁNCHEZ
MIEMBRO

Dr. David Johnny CUYUBAMBA ZEVALLOS
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides
Carrión Facultad de Ingeniería
Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 099-2024-UNDAC/UIFI

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

**Análisis hidrológico del relleno sanitario municipal en el
Distrito de Huayllay – Provincia y Región Pasco**

Apellidos y nombres de los tesistas:

Bach. JARA ESCANDON, Yajhaira Nataly

Apellidos y nombres del Asesor:

Mg, PEREZ JUZCAMAYTA, Edgar Walter

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Ambiental

Índice de Similitud

22 %

APROBADO

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes:

Cerro de Pasco, 11 de marzo del 2024


UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
Luis Villar Requies Carbajal
DOCTOR EN CIENCIAS - DIRECTOR

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a Dios quien supo guiarme por el buen camino, darme salud y fuerzas para seguir adelante para no desmayar en los problemas que se presentaban, además de su infinita bondad y amor para lograr cada uno de mis objetivos.

A mis padres Jaime Jara Cristóbal y Nancy Escandón Luis por su apoyo, por estar presente en cada momento guiándome para seguir adelante. Por poner toda la fe en mi y su confianza de ver este sueño hecho realidad también a mis hermanos Daniel y Evaluna.

A la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión UNDAC por permitirme lograr dar un paso más hacia el éxito. Por convertirme en una profesional competitiva, llena de conocimientos y expectativas.

AGRADECIMIENTO

Al concluir una etapa maravillosa de mi vida quiero extender un profundo agradecimiento, a quienes hicieron posible este sueño, aquellos que junto a mi caminaron en todo momento y siempre fueron inspiración, apoyo y fortaleza. Esta mención en especial para Dios, mis padres y mis hermanos. Muchas gracias a ustedes por demostrarme que “El verdadero amor no es otra cosa que el deseo inevitable de ayudar al otro para que este se supere”.

Mi gratitud, también a la Escuela de Ingeniería, mi agradecimiento sinceras a mi director de tesis Dr. Pachaco Peña Luis gracias a cada docente quienes con su apoyo y enseñanzas constituyen la base de mi vida profesional.

RESUMEN

El problema ambiental que genera el relleno sanitario es la contaminación de los cuerpos de agua particularmente el riachuelo poclojcancha, por lo que la investigación se centra en analizar la hidrología del relleno sanitario municipal en el Distrito de Huayllay – Provincia y Región Pasco, tomando como muestra 21 datos de precipitación total mensual y 21 de precipitación máxima en 24 horas reportados en los meses de enero a diciembre desde el año 1999 hasta el 2019, por el estudio hidrológico realizado por la unidad Minera de Chungar a favor de la Municipalidad Distrital de Huayllay en el año 2022, como resultado se identificó los meses más significativos para este análisis, también las microcuencas afectos por el relleno sanitario concluyendo que el análisis de precipitación mensual revela correlaciones positivas en los meses de febrero, marzo, abril, mayo, octubre, noviembre y diciembre con respecto a los meses más lluviosos de enero y febrero. Estos meses evidencian niveles de precipitación y tasas de lluvia dentro del rango medio de 14 a 25 mm, También se observó una variabilidad estacional en los resultados de la precipitación máxima en 24 horas, siendo junio, julio y septiembre los meses con correlaciones negativas, sugiriendo una ausencia significativa de lluvia durante esos periodos.

Palabras Claves: Hidrología, relleno sanitario, contaminación, agua subterránea.

ABSTRACT

The environmental problem generated by the landfill is the contamination of bodies of water, particularly the poclojcancha stream, so the research focuses on analyzing the hydrology of the municipal landfill in the District of Huayllay – Province and Region of Pasco, taking as a sample 21 data of total monthly precipitation and 21 of maximum precipitation in 24 hours reported in the months of January to December from 1999 to 2019, by the hydrological study carried out by the Chungar Mining unit in favor of the District Municipality of Huayllay in the year 2022, as a result, the most significant months for this analysis were identified, as well as the microbasins affected by the landfill, concluding that the monthly precipitation analysis reveals positive correlations in the months of February, March, April, May, October, November and December compared to the rainiest months of January and February. These months show precipitation levels and rain rates within the average range of 14 to 25 mm. Seasonal variability was also observed in the results of maximum precipitation in 24 hours, with June, July and September being the months with negative correlations, suggesting a significant absence of rain during those periods.

Keywords: Hydrology, landfill, pollution, groundwater.

INTRODUCCIÓN

La problemática de la contaminación del agua a causa de los rellenos sanitarios municipales que generan lixiviados, por la descomposición de los residuos, incluyendo metales pesados, compuestos orgánicos volátiles y otros contaminantes es la filtración a través del suelo la contaminación del agua subterránea, asimismo la escorrentía superficial también se considera una fuente de contaminación y contiene una variedad de contaminantes.

Por lo que el análisis hidrológico es una herramienta importante para identificar las fuentes de contaminación del agua de los rellenos sanitarios municipales. Al identificar estas fuentes se permite tomar medidas para mitigarlas, como: La recolección y tratamiento del lixiviado para eliminar los contaminantes, la compactación de los residuos para disminuir el espacio poroso disponible para el agua, lo que reduce la generación de lixiviado, el uso de una cobertura para proteger los residuos de la lluvia y la escorrentía superficial.

Un estudio realizado por la Universidad de California, Berkeley, en 2019, encontró que la generación de lixiviado en los rellenos sanitarios municipales de España se debe a un proceso complejo que depende de una variedad de factores, incluyendo la composición de los residuos, las condiciones climáticas y la gestión del relleno sanitario. Hallándose un incremento significativo durante las condiciones climáticas extremas, como las lluvias torrenciales, Este estudio destaca la importancia de considerar una variedad de factores al evaluar la generación de lixiviado en los rellenos sanitarios municipales. También resalta la necesidad de implementar medidas de mitigación para reducir la generación de lixiviado durante condiciones climáticas extremas.

Otro estudio realizado por la Universidad Nacional Autónoma de México, en 2020, encontró que la escorrentía superficial generada por los rellenos sanitarios municipales de México contaminan los cuerpos de agua superficiales con altos niveles de sólidos suspendidos, nutrientes y otros contaminantes, de igual manera en el

Ecuador se encontró la generación de riesgos para la salud pública al liberar contaminantes al aire, el agua y el suelo, causando enfermedades respiratorias, gastrointestinales y dermatológicas.

Por ultimo se tiene como antecedente de estudio al análisis hidrológico de los rellenos sanitarios municipales como una herramienta importante para proteger el medio ambiente y la salud pública, permitiendo identificar las fuentes de contaminación del agua, como el lixiviado y la escorrentía superficial, con el fin de tomar medidas para mitigarlas.

Por todo lo mencionado en la problemática en la disposición de desechos domésticos industriales generados antropogénica mente al ambiente producto de su desarrollo productivo el Distrito de Huayllay específicamente, motivó a realizar el análisis del estudio hidrológico del relleno sanitario, con el propósito de evaluar su importancia y tomar las decisiones adecuadas en una gestión administrativa pública a cargo de los funcionarios de tal municipalidad.

ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
ÍNDICE	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Identificación y determinación del problema	1
1.2. Delimitación de la investigación	2
1.3. Formulación del problema.....	3
1.3.1. Problema general	3
1.3.2. Problemas específicos	3
1.4. Formulación de Objetivos.	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
1.5. Justificación de la investigación	4
1.6. Limitaciones de la investigación.....	6

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio	8
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	8
2.1.2. Antecedentes nacionales	10
2.2. Bases teóricas- científicas	12
2.3. Definición de términos básicos	14
2.4. Formulación de hipótesis	16

2.4.1. Hipótesis general.....	16
2.4.2. Hipótesis específicas.....	16
2.5. Identificación de las variables	16
2.5.1. Variable independiente.....	16
2.5.2. Variable dependiente.....	16
2.6. Definición Operacional de variables e indicadores.....	16

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE LA INVESTIGACION

3.1. Tipo de Investigación	18
3.2. Nivel de Investigación	18
3.3. Métodos de investigación	19
3.4. Diseño de investigación	20
3.5. Población y muestra	20
3.5.1. Población	20
3.5.2. Muestra	20
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	21
3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.	22
3.8. Técnicas de procesamientos y análisis de datos	23
3.9. Tratamiento Estadístico	23
3.10. Orientación ética filosófica y epistémica.....	24

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo.....	26
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	30
4.3. Prueba de Hipótesis.....	38
4.4. Discusión de resultados.....	38

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Coordenadas Geográficas</i>	3
Tabla 2	<i>Matriz de operacionalización de las variables</i>	17
Tabla 3	<i>Datos del mes de enero a junio</i>	31
Tabla 4	<i>Datos del mes de julio a diciembre</i>	32
Tabla 5	<i>Data del mes de enero a julio</i>	33
Tabla 6	<i>Data del mes de agosto a diciembre</i>	34
Tabla 7	<i>Prueba de hipótesis para la precipitación total mensual</i>	35
Tabla 8	<i>Prueba de hipótesis para la precipitación máxima en 24 horas</i>	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Ubicación del área de estudio</i>	3
Figura 2 <i>Conjunto de datos en el SPSS</i>	24
Figura 3 <i>Análisis estadístico de la muestra</i>	24
Figura 4 <i>Delimitación de la micro cuenca parte baja</i>	28
Figura 5 <i>Delimitación de microcuenca parte alta</i>	29
Figura 6 <i>Promedio mensual de lluvia en Cerro de Pasco</i>	39

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Identificación y determinación del problema

En el marco del estudio hidrológico vinculado al expediente técnico del proyecto de "Mejoramiento de la gestión integral de los residuos sólidos municipales en el Distrito de Huayllay – Provincia de Pasco – Departamento de Pasco", se busca comprender y evaluar las características físicas y geomorfológicas de la microcuenca en la zona del proyecto. Este análisis forma parte de los estudios fundamentales para la futura implementación del relleno sanitario. Implicando la revisión y tratamiento de la información hidrometeorológica existente, así como el análisis y la valoración de la escorrentía a través de registros históricos de pluviometría.

En muchos estudios hidrológicos de rellenos sanitarios municipales los problemas comunes es la gestión del agua en el sitio. estos generan lixiviados, como líquidos contaminados que se producen al filtrarse a través de los residuos sólidos. Estos lixiviados representan un riesgo ambiental si no se gestionan adecuadamente, ya que contaminan las aguas subterráneas y superficiales.

Otro problema clave puede ser la evaluación de la capacidad de retención de agua del relleno sanitario, esta afecta directamente la cantidad de lixiviados generados y la eficacia de las medidas de control. La infiltración de

agua en el relleno sanitario y la capacidad de drenaje son factores importantes que deben estudiarse para comprender mejor cómo se comporta el agua en el sitio.

Además, la evaluación de la calidad del agua en las áreas circundantes al relleno sanitario de la Municipalidad Distrital de Huayllay es esencial porque permite la medición de contaminantes en las aguas subterráneas y superficiales para determinar la posible extensión del impacto ambiental.

1.2. Delimitación de la investigación

La presente investigación se delimita según:

Delimitación teórica

El estudio se enfoca en la evaluación detallada de los aspectos hidrológicos relacionados con la gestión y operación de un relleno sanitario específico a nivel municipal. Este tipo de análisis suele abordar cuestiones cruciales como la generación y control de lixiviados, la capacidad de retención y drenaje del agua en el sitio, así como la calidad del agua en las zonas circundantes. La investigación busca proporcionar una comprensión integral de los flujos de agua en y alrededor del relleno sanitario, con el objetivo de informar estrategias efectivas para mitigar impactos ambientales adversos y mejorar la sostenibilidad de la gestión de residuos municipales.

Delimitación espacial

El terreno asignado al proyecto se encuentra al Este del centro poblado del Huayllay y delimitado por: Coordenadas UTM Norte (WGS84) : 8'783,085.746m a 8'783,271.898m Coordenadas UTM Este (WGS84) : 350,041.203m a 350,241.757m Latitud Sur : 11°00'14.4" a 11°00'18.0" Longitud Oeste : 76°22'15.6" a 76°22'22.8" Altitud promedio : 4,330msnm La ubicación geográfica se detalla en el plano PH-01: Ubicación Geográfica e Hidrográfica de Cuencas y Microcuenca de la zona del proyecto.

Tiempo:

Estudio realizado en el mes de noviembre del 2023 hasta el mes de enero del 2024

Figura 1

Ubicación del área de estudio



Nota. Google Earch, 2023

Tabla 1

Coordenadas Geográficas

COORDENADAS DE UBICACIÓN
NORTE: 8783203 m S
ESTE: 350300 m E

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál es el análisis hidrológico del relleno sanitario municipal en el Distrito de Huayllay – Provincia y Región Pasco?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la precipitación total mensual en el relleno sanitario municipal en el Distrito de Huayllay – Provincia y Región Pasco?

- ¿Cuál es la precipitación máxima en 24 horas en el relleno sanitario municipal en el Distrito de Huayllay – Provincia y Región Pasco?
- ¿Cuál es la información geográfica de las microcuencas del relleno sanitario municipal en el distrito de Huayllay-Provincia y Región Pasco?

1.4. Formulación de Objetivos.

1.4.1. Objetivo general

Analizar la hidrología del relleno sanitario municipal en el Distrito de Huayllay – Provincia y Región Pasco.

1.4.2. Objetivos específicos

- Evaluar la precipitación total mensual en el relleno sanitario municipal en el Distrito de Huayllay – Provincia y Región Pasco
- Evaluar la precipitación máxima en 24 horas en el relleno sanitario municipal en el Distrito de Huayllay – Provincia y Región Pasco
- Evaluar la información geográfica de las microcuencas del relleno sanitario municipal en el distrito de Huayllay-Provincia y Región Pasco.

1.5. Justificación de la investigación

La justificación teórica radica en la necesidad de comprender a fondo los procesos hidrológicos asociados con la operación de rellenos sanitarios municipales para desarrollar estrategias efectivas de gestión de residuos. La disposición inadecuada de desechos urbanos puede tener impactos significativos en la calidad del agua y en los ecosistemas circundantes. Este análisis hidrológico busca llenar un vacío en la comprensión científica de cómo los rellenos sanitarios afectan los flujos de agua, la generación de lixiviados y la posible contaminación de cuerpos de agua locales. Al basarse en principios teóricos sólidos de hidrología, el estudio pretende proporcionar una base

científica para informar decisiones de política, prácticas de gestión de residuos y medidas correctivas destinadas a minimizar los impactos ambientales y proteger la calidad del agua en entornos urbanos.

La justificación práctica reside en la necesidad de desarrollar prácticas de gestión de residuos más eficientes y sostenibles. Los rellenos sanitarios municipales son elementos fundamentales en la disposición de desechos urbanos, pero su operación inadecuada puede resultar en impactos ambientales negativos, especialmente en la calidad del agua. Un análisis hidrológico detallado proporcionará información práctica para diseñar e implementar medidas específicas de control y mitigación. Al comprender cómo el agua interactúa con los residuos sólidos y cómo los lixiviados pueden afectar los recursos hídricos circundantes, este estudio ofrece una base práctica para la formulación de políticas y la implementación de estrategias de gestión de residuos que minimicen el riesgo de contaminación del agua, promoviendo así la sostenibilidad ambiental y la salud pública.

La justificación social es evidente en su contribución a la protección de la salud y el bienestar de las comunidades urbanas. La calidad del agua es esencial para la vida cotidiana, y la disposición inadecuada de residuos en rellenos sanitarios municipales puede representar una amenaza directa para los recursos hídricos locales y, por ende, para la salud de la población. Al comprender y abordar los impactos hidrológicos asociados con estos sitios, la investigación busca garantizar que las prácticas de gestión de residuos sean socialmente responsables, protegiendo los suministros de agua potable y reduciendo los riesgos para la salud pública.

Importancia y alcances de la investigación

El estudio reviste una importancia crucial en el contexto de la gestión de residuos sólidos urbanos. La evaluación hidrológica detallada de un relleno sanitario municipal es esencial para comprender y mitigar los impactos

ambientales asociados con la disposición de residuos. La generación de lixiviados y su potencial contaminante, la capacidad de retención y drenaje del agua en el sitio, así como la calidad del agua en áreas circundantes, son factores críticos que afectan tanto al entorno inmediato como a recursos hídricos más amplios. Estos análisis proporcionan datos fundamentales para el diseño y la implementación de estrategias efectivas de manejo de residuos, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental y a la protección de la salud pública. Además, el estudio permite desarrollar medidas específicas para minimizar la contaminación del agua, preservar la calidad de los ecosistemas acuáticos y garantizar una gestión integral y responsable de los residuos municipales.

El alcance del estudio se extiende a la investigación exhaustiva de los aspectos hidrológicos relacionados con la operación de un relleno sanitario a nivel municipal. Este abordaje implica la evaluación detallada de la generación y gestión de lixiviados, así como el análisis de la capacidad de retención y drenaje del agua en el sitio. Además, el estudio se enfoca en la calidad del agua en las áreas circundantes, con el objetivo de comprender la posible extensión de los impactos ambientales asociados. El alcance abarca la recopilación de datos hidrológicos del Servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú (Senamhi), la aplicación de modelos y técnicas de análisis especializado, y la formulación de recomendaciones concretas para optimizar la gestión hídrica en el contexto de la disposición de residuos sólidos urbanos. Este enfoque holístico contribuye a informar políticas y prácticas efectivas para mitigar los riesgos ambientales y promover prácticas sostenibles en la gestión de rellenos sanitarios municipales.

1.6. Limitaciones de la investigación

Las limitaciones inherentes al desarrollo de la investigación comprenden factores como la disponibilidad de datos históricos precisos sobre las características hidrológicas del sitio y la complejidad inherente a la modelización

de los flujos de agua en un entorno dinámico como un relleno sanitario. La precisión de los resultados puede depender significativamente de la calidad y cantidad de datos hidrológicos disponibles, así como de la representación adecuada de las condiciones del terreno. Además, las variaciones estacionales y climáticas pueden introducir incertidumbres en los resultados, afectando la extrapolación de las conclusiones a lo largo del tiempo. La limitación de recursos también podría restringir la capacidad de llevar a cabo un monitoreo continuo y exhaustivo, lo que podría influir en la comprensión completa de los procesos hidrológicos en juego.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Antecedentes internacionales

Morales Corozo (2022) En Ecuador, los gobiernos autónomos descentralizados municipales poseen la responsabilidad de gestionar integralmente los desechos sólidos, abarcando desde la recolección hasta la disposición final, en consonancia con los planes de desarrollo y ordenamiento territorial que incluyen iniciativas para eliminar fuentes contaminantes. El objetivo central de la investigación fue la formulación de una metodología para calcular los lixiviados generados en el relleno sanitario del cantón Gonzalo Pizarro. Este enfoque se basó en la evaluación del balance hídrico de los residuos sólidos en las celdas de disposición final y en la caracterización de los lixiviados mediante análisis físicos, biológicos y químicos, con el propósito de proponer alternativas de diseño para sistemas de tratamiento. Los resultados mostraron que el pH del lixiviado fue menor o igual a 5, lo que indica que se trata de un líquido ácido. La conductividad eléctrica fue alta, lo que se debe a la presencia de sales disueltas. La concentración de materia orgánica, representada por la DBO y la DQO, fue alta, lo que indica que el lixiviado es contaminante, Diversas opciones pueden ser clasificadas según sus niveles de

tratamiento o el tipo de contaminación que aborden, siendo crucial tener en cuenta que los lixiviados, dada su alta carga contaminante, contienen elementos patógenos resultantes de la transformación de materia orgánica y la presencia de sustancias tóxicas.

Aguilar Vera (2008) Este estudio tiene como objetivo principal estimar y modelar el comportamiento hidráulico de los residuos sólidos en el contexto de la recirculación de lixiviados en un relleno sanitario. Tras llevar a cabo una exhaustiva revisión bibliográfica en diversos repositorios sobre los aspectos hidrológicos de los residuos sólidos urbanos, se realizaron pruebas de laboratorio con el fin de identificar un modelo adecuado que se ajustara a los resultados obtenidos. El modelo seleccionado para estimar el comportamiento del relleno sanitario en relación con el agua incorpora variables como la porosidad, humedad y peso volumétrico de los residuos, lo que permite calcular el volumen de agua y analizar la dinámica tanto interna como externa del relleno. Además, se abordó el dimensionamiento, almacenamiento y tratamiento de los líquidos percolados. El análisis se llevó a cabo utilizando muestras de rellenos sanitarios de la comunidad de Atillo, considerando parámetros como la humedad, peso volumétrico y capacidad de campo. Los resultados obtenidos se compararon con investigaciones previas consultadas en la literatura. Se empleó el software CurvExpert 1.3 para el tratamiento de datos, cuyo modelo de tipo exponencial en las variables de capacidad de campo y peso volumétrico arrojó resultados coherentes. Finalmente, se realizó un ejercicio teórico para determinar la capacidad de recirculación de los lixiviados en un relleno sanitario, evaluando el tiempo necesario para absorber los líquidos y la influencia de la capacidad de campo en la pérdida de las capacidades de adsorción de los residuos para la recirculación de líquidos.

Rivera Jimenez (2006) En los últimos años, se ha observado un aumento significativo en la atención dedicada al manejo de los desechos sólidos generados por la población. Este incremento se atribuye al crecimiento demográfico, al desarrollo industrial y urbano, así como a los hábitos de consumo de la sociedad. Ante este panorama, se han buscado métodos de disposición final de desechos sólidos que ofrezcan técnicas apropiadas, capaces de cumplir con las exigencias y requisitos asociados, y que sean económicamente viables para las poblaciones interesadas en gestionar integralmente sus residuos sólidos. La acumulación y la gestión inadecuada de desechos sólidos en los municipios propician la rápida proliferación de vectores, la contaminación del entorno y problemas de saneamiento para la población. Por ello, cada vez más se está optando por la implementación de rellenos sanitarios. Entre los métodos de disposición final, el relleno sanitario manual emerge como una opción idónea para poblaciones de menos de 40,000 habitantes, ya que tiene un impacto ambiental mínimo si se gestiona adecuadamente, contribuyendo así a la preservación de la salud pública. Los resultados mostraron que el diseño propuesto es viable y cumple con los requisitos técnicos y ambientales para la disposición final de los residuos sólidos.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Ricaldi Atahuaman et al. (2021) El estudio tuvo como objetivo diseñar un relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos municipales en el distrito de El Tambo - Huaraz, Perú. Para ello, se realizaron estudios de caracterización de los residuos sólidos, de las condiciones geológicas y geomorfológicas del sitio, y de los aspectos ambientales. Los resultados mostraron que el diseño propuesto cumple con los requisitos técnicos y ambientales para la disposición final de los residuos sólidos.

Mejia Cahuana & Chire Noriega (2023) El propósito fundamental de esta investigación fue evaluar el riesgo ambiental generado por los lixiviados provenientes del vertedero de Quebrada Honda, ubicado en Yura, Arequipa. Para llevar a cabo esta evaluación, se empleó la Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales proporcionada por el Ministerio del Ambiente (MINAM) como referencia. El diseño metodológico adoptado fue de naturaleza no experimental, y la metodología inductiva se aplicó para describir los resultados obtenidos a partir de observaciones y experiencias, permitiendo así la formulación de hipótesis y teorías. La investigación abarcó un diagnóstico exhaustivo del área de estudio mediante la recopilación de información, visitas de campo, análisis de muestreo de suelo y encuestas dirigidas a la población local. Posteriormente, se identificaron diversos escenarios de riesgo ambiental, incluyendo el desbordamiento, las filtraciones y las descargas de lixiviados con carga contaminante hacia el cauce artificial, así como también el desbordamiento y las filtraciones de pozas de lixiviados en áreas específicas. El análisis abarcó los entornos natural, humano y socioeconómico. La estimación del nivel de riesgo ambiental promedio, considerando estos tres entornos, arrojó un valor del 65%, indicando un riesgo significativo. Como conclusión, se determinó que la región se ve gravemente afectada por los lixiviados, instando a las autoridades competentes a tomar medidas urgentes para mitigar el impacto negativo y mejorar la calidad ambiental en el área afectada.

(MINAM, 2013) La guía proporciona lineamientos para el diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de rellenos sanitarios mecanizados. Los lineamientos se basan en las normas técnicas peruanas y en las mejores prácticas internacionales.

2.2. Bases teóricas- científicas

En el Perú, la Ley General de Residuos Sólidos (Ley N° 27314) establece los lineamientos generales para la gestión integral de los residuos sólidos, incluyendo el manejo de los rellenos sanitarios. La ley establece que los rellenos sanitarios deben diseñarse, construirse, operarse y cerrarse de manera que se evite la contaminación ambiental.

El Ministerio del Ambiente (MINAM) ha emitido una serie de normas y lineamientos técnicos que establecen los requisitos para el diseño, construcción, operación y cierre de los rellenos sanitarios. Estas normas incluyen:

- Norma Técnica Peruana NTP 900.059:2013 - Residuos Sólidos Municipales. Rellenos Sanitarios. Diseño, Construcción, Operación y Cierre.
- Guía de Diseño, Construcción, Operación, Mantenimiento y Cierre de Relleno Sanitario Mecanizado
- Directiva para la Gestión Integral de Residuos Sólidos en Municipalidades

Estos lineamientos establecen los requisitos para el análisis hidrológico de los rellenos sanitarios. En particular, se establecen los siguientes requisitos:

- El relleno sanitario debe diseñarse de manera que se minimice la generación de lixiviado.
- El relleno sanitario debe contar con un sistema de captación y tratamiento de lixiviado.
- El sistema de captación y tratamiento de lixiviado debe ser diseñado y operado de manera que se evite la contaminación del agua y el suelo.

El análisis hidrológico del relleno sanitario debe realizarse durante la etapa de diseño del relleno sanitario. El análisis debe considerar los siguientes factores:

- La cantidad y composición de los residuos sólidos que serán dispuestos en el relleno sanitario.

- Las condiciones climáticas de la zona donde se ubicará el relleno sanitario.
- El tipo de suelo y la topografía del terreno donde se ubicará el relleno sanitario.

El análisis hidrológico debe proporcionar información sobre los siguientes aspectos:

- La cantidad de lixiviado que se generará en el relleno sanitario.
- La composición del lixiviado.
- El flujo del lixiviado en el relleno sanitario.

De acuerdo a la información proporcionada por el análisis hidrológico se utilizará para diseñar y operar el sistema de captación y tratamiento de lixiviado.

El análisis hidrológico del relleno sanitario municipal se sustenta en los principios de hidrología ambiental, que examinan la interacción entre las aguas superficiales y subterráneas y su entorno. Este enfoque teórico permite comprender los flujos de agua en el sitio del relleno, incluyendo la generación de lixiviados y su posible impacto en los cuerpos de agua circundantes.

El análisis hidrológico se basa en el principio de control de contaminación, que implica la identificación y mitigación de posibles fuentes de contaminación, como los lixiviados generados por los residuos en el relleno sanitario. La teoría sostiene que entender cómo se mueve y se dispersa el agua a través del sitio es esencial para implementar medidas efectivas de control y prevenir la contaminación de recursos hídricos.

La investigación se fundamenta en el principio de evaluación de riesgos ambientales, considerando cómo los procesos hidrológicos en el relleno sanitario pueden representar riesgos para el medio ambiente. Este enfoque teórico busca identificar escenarios de riesgo potencial, como la contaminación del agua, y desarrollar estrategias para minimizar o eliminar estos riesgos.

Los principios de sostenibilidad guían la investigación al reconocer la importancia de gestionar los rellenos sanitarios de manera que se minimice el

impacto negativo en los recursos hídricos y se promueva la gestión sostenible de los residuos. El análisis hidrológico contribuye a la aplicación práctica de estos principios al proporcionar información necesaria para optimizar la gestión del agua y reducir la huella ambiental del relleno.

La investigación se apoya en el principio de monitoreo continuo, que destaca la importancia de llevar a cabo evaluaciones sistemáticas y regulares de los procesos hidrológicos en el relleno sanitario. Este enfoque teórico sostiene que un monitoreo constante proporciona datos precisos y actualizados, fundamentales para adaptar las estrategias de gestión y abordar cualquier cambio en las condiciones hidrológicas.

2.3. Definición de términos básicos

1. **Lixiviados:** Los lixiviados son líquidos contaminados que se generan cuando el agua percola a través de los residuos sólidos en un relleno sanitario municipal. Estos líquidos pueden contener una variedad de sustancias químicas provenientes de los desechos, presentando riesgos potenciales para la calidad del agua.
2. **Hidrología Ambiental:** La hidrología ambiental se refiere al estudio de los procesos hidrológicos en el contexto de su interacción con el medio ambiente. En el análisis hidrológico de rellenos sanitarios municipales, este término implica comprender cómo los flujos de agua afectan y son afectados por el entorno circundante.
3. **Calidad del Agua Subterránea:** La calidad del agua subterránea se refiere a la pureza y composición química del agua que se encuentra debajo de la superficie terrestre. En el contexto del análisis hidrológico de rellenos sanitarios, evaluar la calidad del agua subterránea es esencial para comprender la posible contaminación debido a los lixiviados.
4. **Capacidad de Retención:** La capacidad de retención en el análisis hidrológico de rellenos sanitarios se refiere a la habilidad del sitio para

retener agua, ya sea en forma de lluvia, lixiviados o cualquier otra fuente. Este factor influye en la generación de lixiviados y en la eficacia de las medidas de control.

5. **Gestión de Residuos Municipales:** La gestión de residuos municipales abarca las prácticas y estrategias utilizadas para la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos generados por la población en áreas urbanas. En el análisis hidrológico de rellenos sanitarios, la gestión de residuos municipales es un componente clave para entender la fuente de posibles impactos en el agua.
6. **Infiltración:** La infiltración se refiere al proceso mediante el cual el agua penetra en el suelo o los residuos sólidos de un relleno sanitario. Este fenómeno afecta directamente la generación de lixiviados y la recarga de acuíferos cercanos.
7. **Evaluación de Impacto Ambiental:** La evaluación de impacto ambiental implica la identificación y evaluación de los posibles efectos adversos de un proyecto, como un relleno sanitario, en el entorno natural. En el análisis hidrológico, esta evaluación se enfoca en los impactos sobre la calidad y flujo del agua.
8. **Drenaje Pluvial:** El drenaje pluvial se refiere al sistema diseñado para recoger y desviar el agua de lluvia. En el contexto del análisis hidrológico de rellenos sanitarios, el drenaje pluvial es crucial para gestionar el exceso de agua y prevenir inundaciones que podrían aumentar la generación de lixiviados.
9. **Impacto Ambiental:** El impacto ambiental se refiere a los cambios significativos en el medio ambiente causados por actividades humanas. En el análisis hidrológico de rellenos sanitarios, se busca evaluar y minimizar los impactos ambientales, especialmente en términos de calidad del agua y salud ecológica.

10. **Monitoreo Ambiental Continuo:** El monitoreo ambiental continuo implica la observación constante de variables ambientales relevantes, como la calidad del agua, los flujos hídricos y las condiciones meteorológicas en y alrededor de un relleno sanitario. Este enfoque es esencial para recopilar datos precisos y actualizar estrategias de gestión en respuesta a cambios hidrológicos.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

El análisis hidrológico del relleno sanitario municipal en el Distrito de Huayllay – Provincia y Región Pasco es significativo

2.4.2. Hipótesis específicas

- La precipitación total mensual en el relleno sanitario municipal en el Distrito de Huayllay – Provincia y Región Pasco es alta
- La precipitación máxima en 24 horas en el relleno sanitario municipal en el Distrito de Huayllay – Provincia y Región Pasco es alta.
- La información geográfica de las microcuencas del relleno sanitario municipal en el distrito de Huayllay-Provincia y Región Pasco es significativo.

2.5. Identificación de las variables

2.5.1. Variable independiente

Análisis hidrológico

2.5.2. Variable dependiente

Relleno sanitario municipal

2.6. Definición Operacional de variables e indicadores.

La presente tabla contempla la operacionalización de las variables de estudio, dimensionando cada uno en temas que permiten alcanzar los objetivos de estudio.

Tabla 2*Matriz de operacionalización de las variables*

VARIABLE	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Análisis hidrológico	información se podrá estimar la magnitud de la precipitación en Información de la precipitación en (mm) en la zona del proyecto con fines de drenaje	La precipitación total mensual	(mm)	Ficha de observación
		La precipitación máxima en 24 horas	(mm)	Ficha de observación
		La información geográfica de las microcuencas	Relieve	Ficha de observación
Relleno sanitario municipal	Instalación especializada diseñada para la disposición final de residuos sólidos urbanos de manera controlada y ambientalmente segura, que minimiza los impactos ambientales negativos, como la contaminación del suelo y del agua	Estructura del relleno sanitario	Medidas	Ficha de observación

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE LA INVESTIGACION

3.1. Tipo de Investigación

El tipo de investigación científica para el estudio Análisis hidrológico del Relleno sanitario municipal podría clasificarse como investigación aplicada o investigativa, dentro del ámbito de las ciencias ambientales e ingeniería ambiental. Caracterizado por buscar soluciones prácticas a problemas específicos y aplicar los conocimientos científicos para abordar situaciones del mundo real. En este caso, la investigación busca comprender y analizar los procesos hidrológicos en un relleno sanitario municipal del Distrito de Huayllay, con el objetivo de mejorar la gestión de residuos, prevenir la contaminación del agua y minimizar los impactos ambientales asociados con la disposición de desechos sólidos urbanos.

3.2. Nivel de Investigación

El nivel de investigación científico descriptivo para el estudio implica la recopilación, clasificación, ordenamiento y descripción detallada de los fenómenos hidrológicos observados en el contexto específico del relleno sanitario municipal. En este enfoque descriptivo, el objetivo principal es proporcionar una visión clara y detallada de los procesos hidrológicos que

ocurren en el sitio, centrándose en aspectos como la generación de lixiviados, la capacidad de retención y drenaje del agua, así como la calidad del agua en las áreas circundantes.

También implica la utilización de métodos y técnicas que permiten una caracterización precisa de los fenómenos hidrológicos, como la instalación de instrumentos de monitoreo, la toma de muestras de agua, el análisis de datos meteorológicos y la modelización hidrológica. La investigación descriptiva en el análisis hidrológico de rellenos sanitarios municipales busca proporcionar una base sólida de información detallada, que posteriormente puede ser utilizada para la formulación de estrategias de gestión y la toma de decisiones informadas para prevenir o mitigar impactos ambientales negativos. En resumen, el enfoque descriptivo se centra en la presentación detallada y sistemática de la información relevante relacionada con los procesos hidrológicos en el relleno sanitario municipal.

3.3. Métodos de investigación

El método de investigación científico hipotético deductivo para el estudio sigue un enfoque sistemático basado en la formulación de hipótesis, la recolección de datos y la deducción de conclusiones, por ende se establecen hipótesis que sugieren relaciones entre variables hidrológicas y factores como la generación de lixiviados, la capacidad de retención de agua y la calidad del agua en el relleno sanitario. A través de la recolección y análisis de datos hidrológicos, meteorológicos y ambientales, se evalúan estas hipótesis para confirmar o refutar su validez. El proceso deductivo implica derivar conclusiones lógicas basadas en la evidencia recopilada, permitiendo así obtener un entendimiento más profundo de los procesos hidrológicos en el relleno sanitario municipal y respaldando la formulación de estrategias de gestión efectivas y la toma de decisiones informadas. Este método sigue la lógica científica, donde las hipótesis son sometidas a prueba y revisión constante para avanzar en el

conocimiento y proporcionar soluciones prácticas a los desafíos asociados con la gestión de residuos y la protección del agua.

3.4. Diseño de investigación

El diseño no experimental para el estudio implica la observación y descripción de fenómenos hidrológicos en un entorno natural sin la manipulación deliberada de variables. En este enfoque, se recopilan datos a través de métodos como el monitoreo continuo de parámetros hidrológicos, análisis de registros meteorológicos y muestreo de agua. La investigación se basa en la recopilación de información existente y en la observación directa de las condiciones hidrológicas en el relleno sanitario municipal y su entorno. Este diseño no experimental permite obtener una visión detallada de los procesos hidrológicos sin alterar intencionalmente el sistema, contribuyendo así a una comprensión más precisa de la dinámica del agua en este contexto específico.

3.5. Población y muestra

Para esta investigación se utiliza el muestreo No Probabilístico (no estadístico y no paramétrico) porque la población es muy reducida y es posible el manejo de los datos obtenidos.

3.5.1. Población

La población está determinada el conjunto de datos hidrográficos obtenidos del estudio técnico mejoramiento de la gestión integral de los residuos sólidos municipales en el distrito de Huayllay – Provincia de Pasco – departamento de Pasco

3.5.2. Muestra

Son los 42 datos obtenidos por el servicio nacional de meteorología Senamhi del Perú en las categorías de precipitación máxima 24 horas y precipitación mensual recopilados entre los años 199 al 2019

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para llevar a cabo la investigación se emplean diversas técnicas de recolección de datos para obtener información precisa y detallada sobre los procesos hidrológicos en el sitio. Una de las técnicas fundamentales sería el monitoreo continuo, que implica la instalación de estaciones de monitoreo en el relleno sanitario para medir variables clave como niveles de agua, temperatura, y caudales de lixiviados. Estos datos se recopilarían de forma regular, permitiendo capturar patrones a lo largo del tiempo y en diferentes condiciones climáticas. Además, la utilización de tecnologías avanzadas, como sensores de calidad del agua, proporcionaría información detallada sobre la composición química de los lixiviados, contribuyendo así a la comprensión de posibles riesgos ambientales.

Otra técnica es el muestreo de agua, que involucraría la toma de muestras periódicas de cuerpos de agua cercanos al relleno sanitario. Estas muestras se analizarían en laboratorio para evaluar la presencia de contaminantes y la calidad del agua en las áreas circundantes. El muestreo permitiría una evaluación detallada de los impactos potenciales del relleno sanitario en los recursos hídricos locales. En conjunto, estas técnicas de recolección de datos proporcionarían una base sólida para el análisis hidrológico, permitiendo comprender la dinámica del agua en el relleno sanitario municipal y su interacción con el entorno circundante.

Para llevar a cabo el estudio se requiere una variedad de instrumentos de recolección de datos especializados. Entre ellos, se incluirían estaciones de monitoreo equipadas con sensores de nivel de agua, temperatura y caudal, ubicadas estratégicamente en el relleno sanitario para obtener mediciones continuas y precisas de los procesos hidrológicos. Además, la implementación de sensores de calidad del agua permitiría la evaluación en tiempo real de la composición química de los lixiviados generados en el sitio. Asimismo, se

utilizarían equipos de muestreo para recoger muestras de agua en puntos clave, tanto dentro del relleno sanitario como en cuerpos de agua circundantes, facilitando análisis de laboratorio detallados para evaluar la presencia de contaminantes. La combinación de estos instrumentos proporcionaría datos cruciales para comprender la generación de lixiviados, la capacidad de retención de agua y la calidad del agua en el entorno del relleno sanitario, fundamentales para el análisis hidrológico y la formulación de estrategias de gestión ambientalmente sostenibles.

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.

La elección de los instrumentos para el estudio requiere una cuidadosa consideración de la adecuación de cada dispositivo para medir parámetros específicos. La selección se basaría en la naturaleza de los procesos hidrológicos a analizar, como la generación de lixiviados y la calidad del agua. Es fundamental elegir instrumentos que sean sensibles y precisos en la medición de variables clave, como niveles de agua, temperatura, caudal y composición química. Además, se debe considerar la durabilidad y resistencia de los instrumentos ante las condiciones ambientales del relleno sanitario.

La validación de los instrumentos implica la verificación de su capacidad para medir con precisión los parámetros deseados. Esto se lograría comparando las lecturas de los instrumentos con mediciones de referencia o estándares conocidos. La confiabilidad se aseguraría mediante la calibración periódica de los instrumentos para garantizar su exactitud a lo largo del tiempo. También sería esencial llevar a cabo pruebas de repetibilidad y reproducibilidad para evaluar la consistencia de las mediciones. La documentación rigurosa de los procedimientos de validación y la implementación de controles de calidad garantizarían la integridad de los datos recopilados, proporcionando una base

sólida para el análisis hidrológico del relleno sanitario municipal y la toma de decisiones informada.

3.8. Técnicas de procesamientos y análisis de datos

Las técnicas de procesamiento y análisis de datos para el estudio implica una combinación de métodos estadísticos y herramientas de modelización. Se realizaría un procesamiento inicial de los datos recopilados, que incluiría la limpieza, organización y transformación de la información para su posterior análisis. El análisis estadístico comprendería la aplicación de pruebas de tendencias, correlaciones y variabilidad temporal para identificar patrones significativos en los datos hidrológicos. Además, la modelización hidrológica podría emplearse para simular escenarios y evaluar el comportamiento futuro del sistema. La integración de herramientas de sistemas de información geográfica (SIG) sería crucial para mapear y visualizar la distribución espacial de los fenómenos hidrológicos.

3.9. Tratamiento Estadístico

El análisis de datos mediante el coeficiente de correlación de Pearson, denotado como "r", permite evaluar la fuerza y dirección de la relación lineal entre dos variables continuas. Este coeficiente varía entre -1 y 1, donde 1 indica una correlación positiva perfecta, -1 una correlación negativa perfecta y 0 ninguna correlación. Al aplicar el coeficiente de Pearson, se busca cuantificar la magnitud y dirección de la asociación entre las variables, proporcionando así información sobre la dependencia lineal entre ellas. Un valor de "r" cercano a 1 o -1 sugiere una relación fuerte, mientras que valores cercanos a 0 indican una asociación débil.

Figura 2

Conjunto de datos en el SPSS

	VAR00001	VAR00002	VAR00003	VAR00004	VAR00005	VAR00006	VAR00007	VAR00008	VAR00009	VAR00010	VAR00011	VAR00012
1	38,00	31,70	14,70	25,80	7,30	4,80	4,30	3,30	10,70	16,10	16,60	16,50
2	18,00	17,30	18,30	6,50	9,40	2,80	4,50	8,20	7,10	14,30	12,70	22,60
3	29,40	24,30	24,00	23,70	10,90	2,00	11,50	6,00	7,90	19,10	16,60	28,00
4	8,00	19,40	26,80	15,50	13,50	3,00	10,40	3,50	13,70	24,10	12,60	22,30
5	14,50	19,40	20,70	18,10	8,30	7,00	4,60	10,00	20,70	6,00	20,00	13,10
6	12,70	31,20	11,40	16,90	6,00	4,00	8,60	7,90	27,50	22,50	26,80	33,20
7	15,40	20,00	46,70	17,40	2,90	2,80	4,10	4,50	6,00	12,80	29,10	9,00
8	9,80	17,50	16,20	19,10	3,90	17,00	2,70	4,00	21,80	21,30	27,30	24,60
9	15,50	16,00	18,40	14,20	16,00	,00	8,00	4,40	10,50	16,00	20,60	26,70
10	16,60	18,50	8,00	12,50	5,40	7,30	3,20	10,40	10,00	10,40	29,40	25,00
11	26,00	19,00	39,20	11,40	12,00	12,00	8,20	12,40	5,10	20,00	31,40	29,50
12	25,70	24,30	35,90	14,50	17,00	2,00	4,40	,00	7,50	24,00	13,80	30,80
13	20,50	16,30	20,80	24,40	12,00	,00	6,30	9,00	14,00	16,00	22,70	24,00
14	20,00	20,70	15,00	12,00	7,80	6,50	3,50	5,20	16,80	25,40	18,00	24,60
15	25,90	15,00	20,30	14,00	15,00	5,80	8,00	11,00	17,60	20,50	11,60	16,00
16	26,20	19,80	20,00	24,70	7,30	10,00	7,00	2,60	20,60	15,00	17,50	25,60
17	15,00	10,00	18,00	15,20	10,30	9,00	9,00	7,40	18,40	17,30	25,10	15,40
18	21,00	16,50	20,60	12,40	8,20	7,10	6,70	13,00	9,00	16,00	7,40	17,50
19	20,60	28,00	15,00	15,40	13,20	,50	6,50	4,00	12,00	15,40	19,00	18,00
20	17,00	11,00	17,00	19,00	8,00	3,60	7,00	8,00	25,00	30,00	16,00	51,00
21	59,00	43,00	45,00	24,00	17,00	4,50	6,00	8,00	17,00	30,20	30,00	60,00
22												

Este análisis es fundamental para comprender la relación entre variables cuantitativas y fundamentar conclusiones basadas en la evidencia estadística, como el caso de la identificación de los meses mas significativos en la estación del invierno

Figura 3

Análisis estadístico de la muestra

		ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DECIEMBRE
ENERO	Correlación de Pearson	1	,698*	,429	,453*	,416	-,101	-,011	,023	-,160	,319	,089	,501
	Sig. (bilateral)		,000	,052	,039	,061	,664	,961	,922	,488	,158	,701	,02
FEBRERO	N	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
	Correlación de Pearson	,698*	1	,293	,402	,203	-,201	-,076	-,234	-,012	,258	,240	,396
MARZO	Sig. (bilateral)	,000		,197	,071	,377	,383	,743	,307	,959	,259	,294	,07
	N	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
ABRIL	Correlación de Pearson	,429	,293	1	,103	,318	-,077	,060	-,073	-,408	,236	,259	,214
	Sig. (bilateral)	,052	,197		,658	,160	,740	,797	,752	,066	,302	,257	,34
MAYO	N	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
	Correlación de Pearson	,453*	,402	,103	1	-,049	-,049	,118	-,303	,304	,107	,153	,24
JUNIO	Sig. (bilateral)	,039	,071	,658		,834	,832	,611	,182	,181	,643	,509	,29
	N	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
JULIO	Correlación de Pearson	,416	,203	,318	-,049	1	-,439*	,408	-,074	-,221	,347	-,241	,32
	Sig. (bilateral)	,061	,377	,160	,834		,046	,066	,751	,336	,124	,293	,15
AGOSTO	N	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
	Correlación de Pearson	-,101	-,201	-,077	-,049	-,439*	1	-,248	,199	,274	-,021	,312	-,07
SEPTIEMBRE	Sig. (bilateral)	,664	,383	,740	,832	,646		,278	,386	,230	,938	,169	,75
	N	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
OCTUBRE	Correlación de Pearson	-,011	-,076	,060	,118	,408	-,248	1	,120	,051	,226	-,185	,11
	Sig. (bilateral)												
NOVIEMBRE	N	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
	Correlación de Pearson												
DECIEMBRE	Sig. (bilateral)												
	N												

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

La orientación ética en la investigación es esencial para garantizar la integridad y responsabilidad en todas las etapas de la investigación. En primer lugar, se debe priorizar el respeto por los principios éticos en la recolección de datos. Esto implica obtener el consentimiento informado de todas las partes

involucradas, como propietarios del relleno sanitario, autoridades locales y comunidades circundantes. Además, se debe garantizar la confidencialidad de la información recopilada, protegiendo la privacidad de los datos sensibles relacionados con la calidad del agua y otros aspectos ambientales.

En segundo lugar, la transparencia en la comunicación de resultados es fundamental. Se debe proporcionar información clara y comprensible sobre los hallazgos del análisis hidrológico, tanto a las partes interesadas directas como a la comunidad en general. La divulgación abierta de los resultados contribuirá a la toma de decisiones informada y fomentará la participación pública en cuestiones ambientales. Además, la presentación de resultados debería evitar la exageración o tergiversación, asegurando una representación precisa de los datos recopilados.

En tercer lugar, la investigación debe guiarse por un compromiso con la sostenibilidad y la responsabilidad social. Esto implica considerar las posibles implicaciones de los resultados del análisis hidrológico en términos de gestión de residuos y protección del agua. Se deben proponer recomendaciones basadas en principios éticos que favorezcan la minimización de impactos negativos y la promoción de prácticas sostenibles en la disposición de residuos sólidos urbanos. La orientación ética en la investigación contribuirá no solo a la validez científica de los resultados, sino también a la integridad y el impacto positivo en el entorno y las comunidades afectadas.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

El enfoque metodológico delineado, centrado en el análisis hidrológico de la zona del proyecto, destaca por su naturaleza integral. La primera fase, la recopilación de información básica, en donde se sienta las bases para comprender el contexto hidrológico mediante la recopilación de datos previos relevantes. Los trabajos e inspecciones de campo a nivel de la microcuenca aportan una perspectiva práctica y contextual al identificar factores físicos y ambientales que podrían influir en los patrones hidrológicos. Por último, los trabajos de gabinete orientados al análisis hidrológico permiten la aplicación de métodos y modelos, consolidando la información recopilada para extraer conclusiones significativas.

Información Básica

La importancia de la información climatológica necesaria para llevar a cabo un análisis hidrológico efectivo. Se hace hincapié en dos variables clave: la Precipitación Total Mensual y la Precipitación Máxima en 24 Horas. Estos datos son cruciales para comprender los patrones de lluvia y evaluar el impacto potencial en los procesos hidrológicos del área de estudio. La mención específica de la estación climatológica de Chaupimarca en Pasco, con su

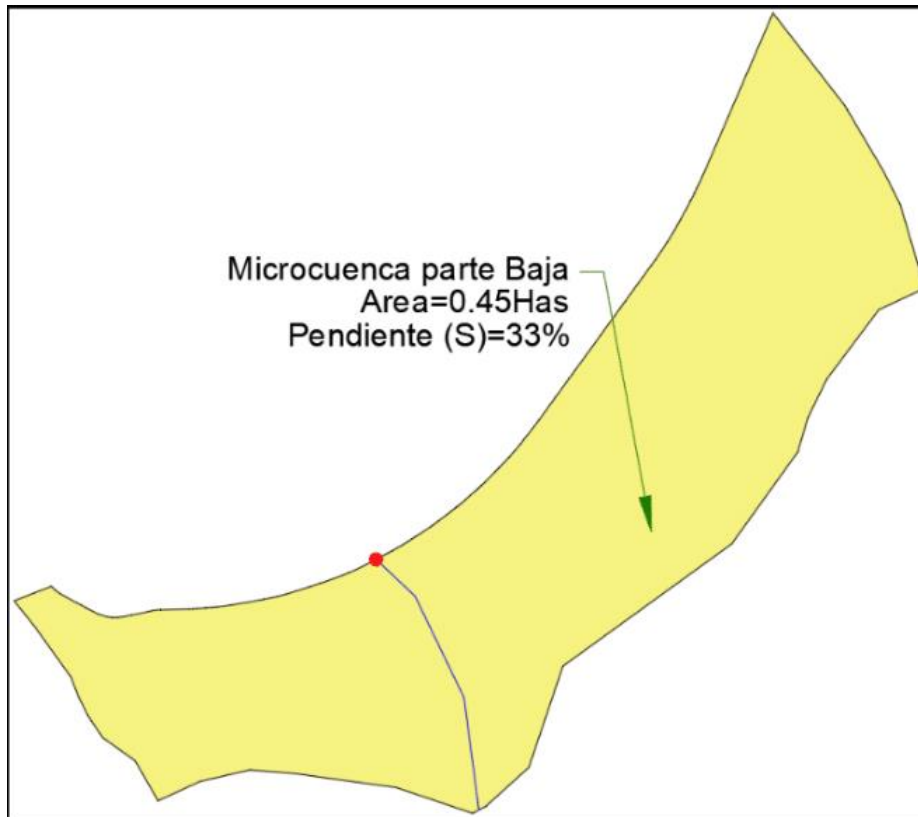
correspondiente código de registro CO-110037, indica la fuente precisa de los registros hidrológicos utilizados en el estudio. Este enfoque transparente y detallado en la identificación de la fuente fortalece la credibilidad de los resultados, ya que se basan en datos climáticos específicos de la ubicación de interés.

Información Cartográfica

La recopilación de información cartográfica para el desarrollo del estudio, haciendo referencia a cartas nacionales a escala de 1:100,000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN) del año 2022, específicamente las de Cerro de Pasco y Ondores en Perú. Además, se menciona la versión digital de estas cartas. Este enfoque evidencia una metodología rigurosa al utilizar fuentes oficiales y actualizadas, lo cual es esencial para garantizar la precisión y confiabilidad de los datos geoespaciales. La inclusión de trabajos de campo y un levantamiento topográfico complementa esta recopilación, demostrando una integración exhaustiva de información para la zona de estudio. Este enfoque, que combina datos cartográficos confiables con mediciones in situ, fortalece la validez y la robustez del estudio, ofreciendo una base sólida para el análisis hidrológico del relleno sanitario municipal.

Figura 4

Delimitación de la micro cuenca parte baja

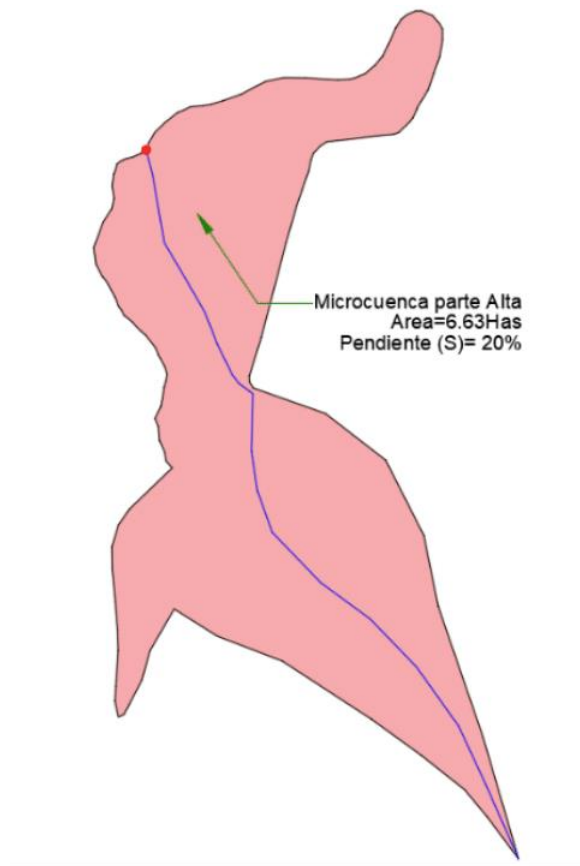


La figura presenta una serie de parámetros fisiográficos que describen la cuenca hidrográfica en estudio. Los parámetros de forma de la cuenca proporcionan información sobre la geometría y la distribución del área, destacando el área total de la cuenca (0.0045 km²), el perímetro (0.38 km), la longitud del río principal (0.04 km), el ancho promedio (0.12 km) y los centroides Este y Norte. Estos parámetros ofrecen una visión general de la forma y la extensión de la cuenca, mientras que indicadores como el coeficiente de compacidad (1.60), el factor de forma (3.44) y el radio de circularidad (0.39) proporcionan detalles sobre la compacidad y la forma específica de la cuenca.

En cuanto a la red hidrográfica y las cotas del cauce principal, se especifican la altitud máxima (4346.10 msnm), la altitud mínima (4334.10 msnm) y la pendiente media del río principal (33.07%). Además, se incluyen la altura media del río principal (6.00 msnm) y el tiempo de concentración (0.008 horas).

Figura 5

Delimitación de microcuenca parte alta



De igual manera la figura describe una serie de parámetros fisiográficos y de la red hidrográfica de una cuenca, entre los parámetros de forma de la cuenca, se destacan el área total de la cuenca (0.0663 km²), el perímetro (1.78 km), la longitud del río principal (0.57 km) y la anchura promedio de la cuenca (0.12 km).

En cuanto a los parámetros de la red hidrográfica y cotas del cauce principal, se especifica la altitud máxima (4458.90 msnm) y mínima (4346.00 msnm) del río principal, junto con la pendiente media (19.80%) y la altura media del río principal (56.45 msnm). Estos datos son fundamentales para comprender la topografía y las características altimétricas de la cuenca, influyendo en la dinámica del flujo de agua.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.

Información pluviométrica

De acuerdo con los registros climáticos, la estación meteorológica convencional de Cerro de Pasco, ubicada en el Distrito de Chaupimarca a una altitud de 4,357 metros sobre el nivel del mar (msnm), se registro el periodo de lluvias generalmente se extiende de noviembre a abril, mientras que durante el resto del año la precipitación es mínima. Esta estación, situada a una altitud cercana de 4,330 msnm respecto a la zona del proyecto, proporciona una fuente confiable para evaluar las condiciones meteorológicas en la región. El registro mensual de precipitación total durante un período de 21 años, comprendido entre 2000 y 2019, se presenta en la tabla, brindando la base necesaria para estimar la magnitud de la precipitación en la zona del proyecto con el propósito de planificar adecuadamente el sistema de drenaje.

Precipitación total mensual multi anual

La tabla corresponde a la organización de un conjunto de dato de la estación meteorológica 110037 ubicada en Cerro de Pasco, con coordenadas geográficas de 10°41'36.15" de latitud sur y 76°15'51.1" de longitud oeste. Esta estación, de tipo meteorológica y localizada a una altitud de 4,357 metros sobre el nivel del mar en el departamento de Pasco, registró el parámetro de precipitación total mensual en milímetros.

Tabla 3*Datos del mes de enero a junio*

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
1999	135.6	176.8	146.3	68.9	32.5	21.6
2000	189.1	153.1	132.5	42.8	43.6	5.5
2001	178.9	142.9	160.0	52.7	62.0	5.7
2002	37.0	172.5	150.1	72.8	44.3	10.9
2003	124.2	125.6	174.7	114.0	39.2	26.2
2004	69.6	163.9	69.1	62.0	36.7	30.6
2005	93.6	138.4	159.2	53.3	12.2	6.8
2006	97.2	110.4	150.4	97.0	13.3	37.9
2007	92.8	76.4	183.9	80.5	63.9	0.0
2008	135.8	94.1	50.2	63.7	11.6	26.8
2009	119.4	116.4	188.2	54.2	34.7	30.3
2010	178.0	123.3	126.5	59.9	17.0	2.0
2011	165.8	164.0	149.3	65.7	25.6	0.0
2012	152.6	166.6	88.4	104.7	44.2	16.6
2013	190.4	134.7	177.0	85.3	46.7	26.6
2014	200.0	165.2	156.0	71.1	45.2	22.0
2015	139.0	65.0	130.5	98.0	43.1	15.7
2016	126.7	164.6	107.0	76.2	23.7	20.0
2017	160.3	180.2	134.2	88.8	66.9	0.5
2018	139.3	100.6	118.3	80.8	36.2	17.7
2019	366.0	313.6	324.7	149.5	79.5	12.2
PROMEDIO:	147.20	145.16	146.50	78.19	39.15	15.98
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	65.34	51.07	54.35	24.72	18.52	11.42
MÁXIMO	366.00	313.60	324.70	149.50	79.50	37.90
MÍNIMO	37.00	65.00	50.20	42.80	11.60	0

Tabla 4*Datos del mes de julio a diciembre*

AÑO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
1999	5.9	3.3	87.4	70.7	116.6	124.0	989.6
2000	11.4	29.0	25.1	118.2	48.2	144.0	942.5
2001	32.4	13.3	34.5	97.8	88.9	163.6	1,032.7
2002	41.7	11.6	52.0	136.2	102.3	131.8	963.2
2003	5.0	20.2	50.7	24.8	98.4	141.9	944.9
2004	24.0	29.6	112.6	88.7	130.8	151.5	969.1
2005	7.8	20.3	32.2	79.7	85.9	85.3	774.7
2006	5.6	15.1	62.7	169.0	134.2	126.4	1,019.2
2007	17.1	5.4	30.4	88.0	101.1	97.4	836.9
2008	6.2	13.2	58.4	103.3	68.8	83.0	715.1
2009	23.0	58.8	21.4	68.8	135.4	213.0	1,063.6
2010	9.6	0.0	23.7	101.2	73.1	120.0	834.3
2011	15.6	12.9	60.3	74.0	76.5	191.7	1,001.4
2012	5.7	7.3	53.6	106.8	116.7	203.8	1,067.0
2013	21.4	35.6	52.5	168.3	77.8	119.2	1,135.5
2014	19.7	8.3	73.7	63.4	92.9	124.9	1,042.4
2015	19.5	8.9	56.6	76.3	124.4	120.9	897.9
2016	9.7	33.5	32.7	135.7	20.6	118.0	868.4
2017	7.7	7.1	57.1	58.3	122.0	115.9	999.0
2018	16.2	26.0	93.0	195.3	112.2	222.6	1,158.2
2019	21.8	9.7	50.9	125.7	178.9	455.6	2,088.1
PROMEDIO:	15.57	17.58	53.40	102.39	100.27	154.98	1,016.4
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	9.75	13.85	23.78	41.54	34.27	79.23	
MÁXIMO	41.70	58.80	112.60	195.30	178.90	455.60	
MÍNIMO	5.00	0	21.40	24.80	20.60	83.00	

En cuanto a la magnitud de las precipitaciones extremas, en la **tabla** se sintetiza la información sobre la precipitación máxima en 24 horas durante un periodo de 21 años, desde 1999 hasta 2019. Esta recopilación de datos permitirá estimar la magnitud de las avenidas máximas que pueden ocurrir en la microcuenca. Esta información es crucial para el diseño preciso de las infraestructuras de drenaje, como las zanjas de coronación, alcantarillas y cunetas, que son esenciales para guiar el flujo del agua en las vías de acceso y mitigar posibles impactos de eventos climáticos extremos.

Precipitación máxima en 24 horas (mm)

La tabla proporciona los datos de la estación meteorológica ubicada en Cerro de Pasco, con la designación 110037. Esta estación opera bajo el tipo "CO - Meteorológica" El parámetro monitoreado es la "Precipitación Máxima en 24 Horas". Esta información es importante para el estudio de las condiciones meteorológicas en la región, especialmente en relación con la precipitación máxima diaria, proporcionando datos esenciales para el análisis hidrológico y la comprensión de los eventos climáticos extremos en la zona de estudio.

Tabla 5

Data del mes de enero a julio

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
1999	38.0	31.7	14.7	25.8	7.3	4.8	4.3
2000	18.0	17.3	18.3	6.5	9.4	2.8	4.5
2001	29.4	24.3	24.0	23.7	10.9	2.0	11.5
2002	8.0	19.4	26.8	15.5	13.5	3.0	10.4
2003	14.5	19.4	20.7	18.1	8.3	7.0	4.6
2004	12.7	31.2	11.4	16.9	6.0	4.0	8.6
2005	15.4	20.0	46.7	17.4	2.9	2.8	4.1
2006	9.8	17.5	16.2	19.1	3.9	17.0	2.7
2007	15.5	16.0	18.4	14.2	16.0	0.0	8.0
2008	16.6	18.5	8.0	12.5	5.4	7.3	3.2
2009	26.0	19.0	39.2	11.4	12.0	12.0	8.2
2010	25.7	24.3	35.9	14.5	17.0	2.0	4.4
2011	20.5	16.3	20.8	24.4	12.0	0.0	6.3
2012	20.0	20.7	15.0	12.0	7.8	6.5	3.5
2013	25.8	15.0	20.3	14.0	15.0	5.8	8.0
2014	26.2	19.8	20.0	24.7	7.3	10.0	7.0
2015	15.0	10.0	18.0	15.2	10.3	9.0	9.0
2016	21.0	16.5	20.6	12.4	8.2	7.1	6.7
2017	20.6	28.0	15.0	15.4	13.2	0.5	6.5
2018	17.0	11.0	17.0	19.0	8.0	3.6	7.0
2019	59.0	43.0	45.0	24.0	17.0	4.5	6.0
PROMEDIO	21.7	20.9	22.5	17.0	10.1	5.3	6.4

Tabla 6*Data del mes de agosto a diciembre*

AÑO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	Pmáx.
1999	3.3	10.7	16.1	16.6	16.5	38.0
2000	8.2	7.1	14.3	12.7	22.6	22.6
2001	6.0	7.9	19.1	16.6	28.0	29.4
2002	3.5	13.7	24.1	12.6	22.3	26.8
2003	10.0	20.7	6.0	20.0	13.1	20.7
2004	7.9	27.5	22.5	26.8	33.2	33.2
2005	4.5	6.0	12.8	29.1	9.0	46.7
2006	4.0	21.8	21.3	27.3	24.6	27.3
2007	4.4	10.5	16.0	20.6	26.7	26.7
2008	10.4	10.0	10.4	29.4	25.0	29.4
2009	12.4	5.1	20.0	31.4	29.5	39.2
2010	0.0	7.5	24.0	13.8	30.8	35.9
2011	9.0	14.0	16.0	22.7	24.0	24.4
2012	5.2	16.8	25.4	18.0	24.6	25.4
2013	11.0	17.6	20.5	11.6	16.0	25.8
2014	2.6	20.6	15.0	17.5	25.6	26.2
2015	7.4	18.4	17.3	25.1	15.4	25.1
2016	13.0	9.0	16.0	7.4	17.5	20.6
2017	4.0	12.0	15.4	19.0	18.0	28.0
2018	8.0	25.0	30.0	16.0	51.0	51.0
2019	8.0	17.0	30.2	30.0	60.0	60.0
PROMEDIO	6.8	14.2	18.7	20.2	25.4	31.5

En la tabla 7 Se observa que en los enero, febrero, marzo, abril y mayo tienen correlaciones significativas positivas con la precipitación total mensual, indicando una fuerte relación positiva entre estos meses y la cantidad total de precipitación. En contraste, junio, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre exhiben correlaciones negativas, aunque no significativas, sugiriendo una tendencia a menor precipitación durante esos meses. Sin embargo, diciembre muestra la correlación más fuerte y significativa, indicando una relación positiva destacada con la precipitación total mensual.

Tabla 7

Prueba de hipótesis para la precipitación total mensual

MESES		ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL
ENERO	Correlación de Pearson	1	,621**	,602**	,459*
	Sig. (bilateral)		0.003	0.004	0.036
	N	21	21	21	21
FEBRERO	Correlación de Pearson	,621**	1	,529*	0.407
	Sig. (bilateral)	0.003		0.014	0.067
	N	21	21	21	21
MARZO	Correlación de Pearson	,602**	,529*	1	,515*
	Sig. (bilateral)	0.004	0.014		0.017
	N	21	21	21	21
ABRIL	Correlación de Pearson	,459*	0.407	,515*	1
	Sig. (bilateral)	0.036	0.067	0.017	
	N	21	21	21	21
MAYO	Correlación de Pearson	,482*	,446*	,561**	,445*
	Sig. (bilateral)	0.027	0.043	0.008	0.043
	N	21	21	21	21
JUNIO	Correlación de Pearson	-0.199	-0.141	-0.164	0.160
	Sig. (bilateral)	0.387	0.543	0.478	0.489
	N	21	21	21	21
JULIO	Correlación de Pearson	-0.040	0.153	0.267	-0.118
	Sig. (bilateral)	0.863	0.509	0.242	0.610
	N	21	21	21	21
AGOSTO	Correlación de Pearson	-0.158	-0.124	0.001	-0.270
	Sig. (bilateral)	0.494	0.591	0.997	0.236
	N	21	21	21	21
SETIEMBRE	Correlación de Pearson	-0.128	0.106	-0.291	0.157
	Sig. (bilateral)	0.581	0.648	0.201	0.497
	N	21	21	21	21
OCTUBRE	Correlación de Pearson	0.058	0.004	-0.018	0.087
	Sig. (bilateral)	0.802	0.987	0.937	0.708

	N	21	21	21	21
NOVIEMBRE	Correlación de Pearson	0.210	0.309	,472*	,569**
	Sig. (bilateral)	0.361	0.172	0.031	0.007
	N	21	21	21	21
DICIEMBRE	Correlación de Pearson	,708**	,697**	,662**	,585**
	Sig. (bilateral)	0.000	0.000	0.001	0.005
	N	21	21	21	21

La tabla presenta la correlación de Pearson entre la precipitación máxima en 24 horas y los meses del año. En el mes de febrero, la correlación es positiva y altamente significativa ($r=0.698$, $p=0.000$), sugiriendo una asociación fuerte. Marzo y abril también muestran correlaciones positivas, aunque menos fuertes ($r=0.429$ y $r=0.453$ respectivamente), siendo la última significativa ($p=0.039$). Los meses de mayo y junio presentan correlaciones positivas moderadas ($r=0.416$ y $r=-0.101$ respectivamente), mientras que julio, agosto y septiembre no muestran correlaciones significativas. Octubre muestra una correlación positiva moderada ($r=0.319$), noviembre no muestra una asociación significativa, y diciembre presenta una correlación positiva significativa ($r=0.501$, $p=0.021$).

Tabla 8

Prueba de hipótesis para la precipitación máxima en 24 horas

MESES		ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL
ENERO	Correlación de Pearson	1	,698**	0.429	,453*
	Sig. (bilateral)		0.000	0.052	0.039
	N	21	21	21	21
FEBRERO	Correlación de Pearson	,698**	1	0.293	0.402
	Sig. (bilateral)	0.000		0.197	0.071
	N	21	21	21	21
MARZO	Correlación de Pearson	0.429	0.293	1	0.103
	Sig. (bilateral)	0.052	0.197		0.658

	N	21	21	21	21
ABRIL	Correlación de Pearson	,453*	0.402	0.103	1
	Sig. (bilateral)	0.039	0.071	0.658	
	N	21	21	21	21
MAYO	Correlación de Pearson	0.416	0.203	0.318	-0.049
	Sig. (bilateral)	0.061	0.377	0.160	0.834
	N	21	21	21	21
JUNIO	Correlación de Pearson	-0.101	-0.201	-0.077	-0.049
	Sig. (bilateral)	0.664	0.383	0.740	0.832
	N	21	21	21	21
JULIO	Correlación de Pearson	-0.011	-0.076	0.060	0.118
	Sig. (bilateral)	0.961	0.743	0.797	0.611
	N	21	21	21	21
AGOSTO	Correlación de Pearson	0.023	-0.234	-0.073	-0.303
	Sig. (bilateral)	0.922	0.307	0.752	0.182
	N	21	21	21	21
SETIEMBRE	Correlación de Pearson	-0.160	-0.012	-0.408	0.304
	Sig. (bilateral)	0.488	0.959	0.066	0.181
	N	21	21	21	21
OCTUBRE	Correlación de Pearson	0.319	0.258	0.236	0.107
	Sig. (bilateral)	0.158	0.259	0.302	0.643
	N	21	21	21	21
NOVIEMBRE	Correlación de Pearson	0.089	0.240	0.259	0.153
	Sig. (bilateral)	0.701	0.294	0.257	0.509
	N	21	21	21	21
DICIEMBRE	Correlación de Pearson	,501*	0.399	0.216	0.242
	Sig. (bilateral)	0.021	0.073	0.347	0.291
	N	21	21	21	21

4.3. Prueba de Hipótesis

H0: El análisis hidrológico del relleno sanitario municipal en el Distrito de Huayllay – Provincia y Región Pasco no es significativo

H1: El análisis hidrológico del relleno sanitario municipal en el Distrito de Huayllay – Provincia y Región Pasco es significativo

Interpretación: De acuerdo con la tabla 7 los hallazgos resaltan patrones estacionales distintivos en la precipitación, siendo diciembre el mes más influyente en el total anual con respecto a los meses de enero, febrero y marzo con un $\text{sig}=0.01$, lo cual es menor al 0.05, por consiguiente se rechaza la hipótesis nula, demostrando que el análisis hidrológico del relleno sanitario municipal en el Distrito de Huayllay – Provincia y Región Pasco es significativo, también se pudo hallar los meses intermedios del año (meses en época de verano) que tienden a mostrar correlaciones más débiles o negativas con la precipitación total, asimismo se presenta una variabilidad estacional en la relación entre la precipitación máxima en 24 horas en donde los diferentes meses, de enero, febrero y diciembre son los meses más influyentes a la precipitación.

4.4. Discusión de resultados

El análisis hidrológico de los rellenos sanitarios municipales es relevante para cualquier proyecto que involucre el manejo de residuos porque esto ayuda a comprender cómo el agua se mueve a través del relleno sanitario, lo que puede ayudar a prevenir la contaminación del agua subterránea y los cuerpos de agua superficiales.

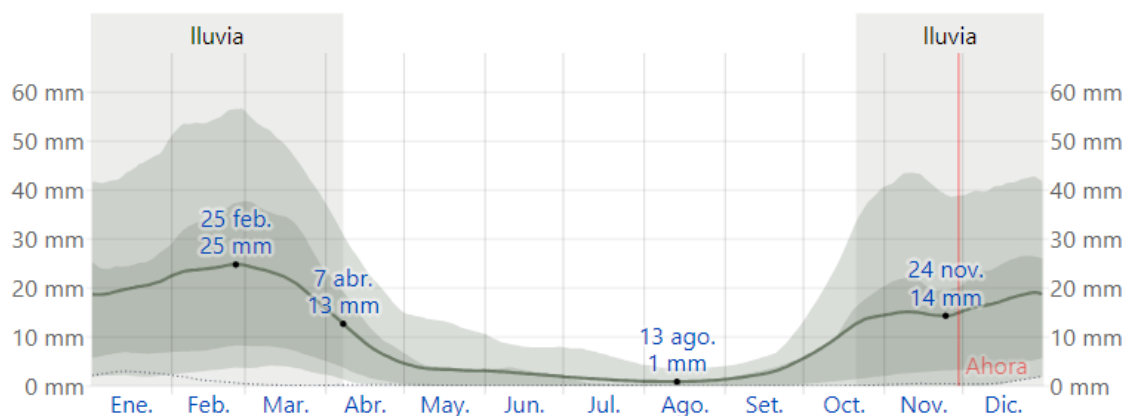
Una vez que se identifican las fuentes de contaminación, se pueden tomar medidas para mitigarlas, como en el caso de instalar sistemas de recolección de lixiviado para evitar que contamine el agua subterránea y la implementación de las prácticas de manejo de residuos que reduzcan la generación de lixiviado y escorrentía superficial.

Un estudio realizado en el Perú en el año 2022, encontró que el lixiviado generado en los rellenos sanitarios municipales tiene una alta concentración de contaminantes, como metales pesados, compuestos orgánicos volátiles y nutrientes. Estos contaminantes pueden contaminar las aguas subterráneas y superficiales, lo que representa un riesgo para la salud humana y el medio ambiente, asimismo en el año 2021 el estudio realizado en México encontró que la escorrentía superficial generada por los rellenos sanitarios municipales transporta contaminantes a los cuerpos de agua cercanos. Estos contaminantes pueden incluir metales pesados, compuestos orgánicos volátiles y nutrientes, y en Colombia la evaporación del lixiviado generado en los rellenos sanitarios municipales puede generar emisiones de gases de efecto invernadero. Estos gases contribuyen al cambio climático, como en España se encontró que la gestión adecuada del agua en los rellenos sanitarios municipales puede ayudar a reducir la contaminación y los impactos ambientales.

En la ciudad de Cerro de Pasco que abarca los distritos como Huayllay se aprecia que desde el mes abril hasta octubre, estos meses pertenecen a la época de verano, sin embargo, los 5 meses restantes se registro mayor incidencia de la lluvia en (mm).

Figura 6

Promedio mensual de lluvia en Cerro de Pasco



CONCLUSIONES

El análisis de precipitación mensual revela correlaciones positivas en los meses de febrero, marzo, abril, mayo, octubre, noviembre y diciembre con respecto a los meses más lluviosos de enero y febrero. Estos meses evidencian niveles de precipitación y tasas de lluvia dentro del rango medio de 14 a 25 mm, También se observó una variabilidad estacional en los resultados de la precipitación máxima en 24 horas, siendo junio, julio y septiembre los meses con correlaciones negativas, sugiriendo una ausencia significativa de lluvia durante esos periodos.

El análisis hidrológico ayudo a comprender cómo el agua se mueve a través del relleno sanitario, lo que influye en la prevención de la contaminación del agua subterránea y los cuerpos de agua superficiales, también identifico las fuentes de contaminación del agua, como el lixiviado y la escorrentía superficial para mitigarlas.

El lixiviado generado en el relleno sanitario es el producto de la descomposición de los residuos que contiene una variedad de contaminantes, incluyendo metales pesados, compuestos orgánicos volátiles y otros, su peligro radica en la filtración del subsuelo contaminando el agua subterránea y a la salud de los operadores de residuos sólidos, siendo impactados con enfermedades respiratorias, gastrointestinales y dermatológicas a los.

Se identifico la escorrentía superficial que fluye sobre la superficie del relleno sanitario, y esta contiene una variedad de contaminantes, incluyendo sólidos suspendidos, nutrientes y otros, que impactan negativamente los cuerpos de agua superficiales, como el riachuelo Poclojcancha.

RECOMENDACIONES

Considerar la composición de los ya que es un factor importante que afecta la generación de lixiviado y escorrentía superficial, aquellos que contienen una mayor proporción de materia orgánica, como los residuos de alimentos y los residuos de jardinería, tienden a generar más lixiviado.

Considerar las condiciones climáticas como la precipitación y la temperatura, porque afectan la generación de lixiviado y escorrentía superficial, entendiéndose que la precipitación aumenta la generación de lixiviado, mientras que las altas temperaturas pueden aumentar la generación de escorrentía superficial.

Considerar la gestión del relleno sanitario dado que las prácticas de gestión, como la compactación de los residuos y el uso de cobertura, reducen la generación de lixiviado y escorrentía superficial. La compactación de los residuos permite disminuir el espacio poroso disponible para el agua, mientras que la cobertura ayuda a proteger los residuos de la lluvia y la escorrentía superficial.

Utilizar métodos de medición adecuados para evaluar la generación de lixiviado y escorrentía superficial, estos métodos deben ser precisos y confiables, así como los adecuados para las condiciones del relleno sanitario.

Realizar monitoreo continuo por su importancia en la generación de lixiviado y escorrentía superficial para identificar cualquier problema potencial y evaluar la eficacia de las medidas de mitigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar Vera, R. A. (2008). *Determinación de los parámetros hidrológicos en rellenos sanitarios en México, caso de estudio : Tlalnepantla, Edo. de México* [Universidad Autónoma de Mexico].
http://132.248.9.195/ptd2008/noviembre/0635720/0635720_A1.pdf
- Mejia Cahuana, J., & Chire Noriega, F. R. (2023). *Evaluación de riesgos ambientales de los lixiviados generados en el botadero controlado de "Quebrada Honda", Yura-Arequipa 2022*. Universidad Continental.
- MINAM. (2013). *Guía de Diseño, Construcción, Operación, Mantenimiento y Cierre de Relleno Sanitario Mecanizado* (L. Sandoval Alvarado, Ed.). Red de instituciones especializadas en capacitación para la gestión integral de los residuos sólidos.
- Morales Corozo, J. P. (2022). Análisis hidrológico del lixiviado generado en el relleno sanitario del Cantón Gonzalo Pizarro, Ecuador. *Revista Ciencia UNEMI*, 15(18).
- Ricaldi Atahuaman, J. A., Huaman Asto, M. S., & Callupe Cordova, N. G. (2021). *Diseño de un relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos municipales en el distrito de El Tambo - Huancayo 2021*. Universidad Continental.
- Rivera Jimenez, G. C. (2006). *Estudio de factibilidad y diseño de relleno sanitario manual para el municipio de Concepción Quezaltepeque, departamento de Chalatenango*. Universidad de el Salvador.

ANEXOS

Anexo 1: Instrumentos de Recolección de Datos

Datos del mes de enero a junio

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
1999	135.6	176.8	146.3	68.9	32.5	21.6
2000	189.1	153.1	132.5	42.8	43.6	5.5
2001	178.9	142.9	160.0	52.7	62.0	5.7
2002	37.0	172.5	150.1	72.8	44.3	10.9
2003	124.2	125.6	174.7	114.0	39.2	26.2
2004	69.6	163.9	69.1	62.0	36.7	30.6
2005	93.6	138.4	159.2	53.3	12.2	6.8
2006	97.2	110.4	150.4	97.0	13.3	37.9
2007	92.8	76.4	183.9	80.5	63.9	0.0
2008	135.8	94.1	50.2	63.7	11.6	26.8
2009	119.4	116.4	188.2	54.2	34.7	30.3
2010	178.0	123.3	126.5	59.9	17.0	2.0
2011	165.8	164.0	149.3	65.7	25.6	0.0
2012	152.6	166.6	88.4	104.7	44.2	16.6
2013	190.4	134.7	177.0	85.3	46.7	26.6
2014	200.0	165.2	156.0	71.1	45.2	22.0
2015	139.0	65.0	130.5	98.0	43.1	15.7
2016	126.7	164.6	107.0	76.2	23.7	20.0
2017	160.3	180.2	134.2	88.8	66.9	0.5
2018	139.3	100.6	118.3	80.8	36.2	17.7
2019	366.0	313.6	324.7	149.5	79.5	12.2
PROMEDIO:	147.20	145.16	146.50	78.19	39.15	15.98
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	65.34	51.07	54.35	24.72	18.52	11.42
MÁXIMO	366.00	313.60	324.70	149.50	79.50	37.90
MÍNIMO	37.00	65.00	50.20	42.80	11.60	0

Datos del mes de julio a diciembre

AÑO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
1999	5.9	3.3	87.4	70.7	116.6	124.0	989.6
2000	11.4	29.0	25.1	118.2	48.2	144.0	942.5
2001	32.4	13.3	34.5	97.8	88.9	163.6	1,032.7
2002	41.7	11.6	52.0	136.2	102.3	131.8	963.2
2003	5.0	20.2	50.7	24.8	98.4	141.9	944.9
2004	24.0	29.6	112.6	88.7	130.8	151.5	969.1
2005	7.8	20.3	32.2	79.7	85.9	85.3	774.7
2006	5.6	15.1	62.7	169.0	134.2	126.4	1,019.2
2007	17.1	5.4	30.4	88.0	101.1	97.4	836.9
2008	6.2	13.2	58.4	103.3	68.8	83.0	715.1
2009	23.0	58.8	21.4	68.8	135.4	213.0	1,063.6
2010	9.6	0.0	23.7	101.2	73.1	120.0	834.3
2011	15.6	12.9	60.3	74.0	76.5	191.7	1,001.4
2012	5.7	7.3	53.6	106.8	116.7	203.8	1,067.0
2013	21.4	35.6	52.5	168.3	77.8	119.2	1,135.5
2014	19.7	8.3	73.7	63.4	92.9	124.9	1,042.4
2015	19.5	8.9	56.6	76.3	124.4	120.9	897.9
2016	9.7	33.5	32.7	135.7	20.6	118.0	868.4
2017	7.7	7.1	57.1	58.3	122.0	115.9	999.0
2018	16.2	26.0	93.0	195.3	112.2	222.6	1,158.2
2019	21.8	9.7	50.9	125.7	178.9	455.6	2,088.1
PROMEDIO:	15.57	17.58	53.40	102.39	100.27	154.98	1,016.4
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	9.75	13.85	23.78	41.54	34.27	79.23	
MÁXIMO	41.70	58.80	112.60	195.30	178.90	455.60	
MÍNIMO	5.00	0	21.40	24.80	20.60	83.00	

Prueba de hipótesis para la precipitación total mensual

MESES		ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL
ENERO	Correlación de Pearson	1	,621**	,602**	,459*
	Sig. (bilateral)		0.003	0.004	0.036
	N	21	21	21	21
FEBRERO	Correlación de Pearson	,621**	1	,529*	0.407
	Sig. (bilateral)	0.003		0.014	0.067
	N	21	21	21	21
MARZO	Correlación de Pearson	,602**	,529*	1	,515*
	Sig. (bilateral)	0.004	0.014		0.017
	N	21	21	21	21
ABRIL	Correlación de Pearson	,459*	0.407	,515*	1
	Sig. (bilateral)	0.036	0.067	0.017	
	N	21	21	21	21
MAYO	Correlación de Pearson	,482*	,446*	,561**	,445*
	Sig. (bilateral)	0.027	0.043	0.008	0.043
	N	21	21	21	21
JUNIO	Correlación de Pearson	-0.199	-0.141	-0.164	0.160
	Sig. (bilateral)	0.387	0.543	0.478	0.489
	N	21	21	21	21
JULIO	Correlación de Pearson	-0.040	0.153	0.267	-0.118
	Sig. (bilateral)	0.863	0.509	0.242	0.610
	N	21	21	21	21
AGOSTO	Correlación de Pearson	-0.158	-0.124	0.001	-0.270
	Sig. (bilateral)	0.494	0.591	0.997	0.236
	N	21	21	21	21
SETIEMBRE	Correlación de Pearson	-0.128	0.106	-0.291	0.157
	Sig. (bilateral)	0.581	0.648	0.201	0.497
	N	21	21	21	21
OCTUBRE	Correlación de Pearson	0.058	0.004	-0.018	0.087

	Sig. (bilateral)	0.802	0.987	0.937	0.708
	N	21	21	21	21
NOVIEMBRE	Correlación de Pearson	0.210	0.309	,472*	,569**
	Sig. (bilateral)	0.361	0.172	0.031	0.007
	N	21	21	21	21
DICIEMBRE	Correlación de Pearson	,708**	,697**	,662**	,585**
	Sig. (bilateral)	0.000	0.000	0.001	0.005
	N	21	21	21	21

Panel Fotográfico

Anexo 1 Riachuelo Poclojcancha zona sur del proyecto



Anexo 2. Topografía del proyecto, microcuenca parte baja



Anexo 3 Alcantarilla ubicado en la parte baja del proyecto



Anexo 4 Tributación de la microcuenca parte alta



Anexo 6 Matriz de consistencia

Título: Análisis hidrológico del relleno sanitario municipal en el Distrito de Huayllay – Provincia y Región Pasco

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES	MUESTRA	DISEÑO	ESTADISTICA
<p>Problema General</p> <p>¿Cuál es el análisis hidrológico del relleno sanitario municipal en el Distrito de Huayllay – Provincia y Región Pasco</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Analizar la hidrología del relleno sanitario municipal en el Distrito de Huayllay – Provincia y Región Pasco</p>	<p>Hipótesis General</p> <p>El análisis hidrológico del relleno sanitario municipal en el Distrito de Huayllay – Provincia y Región Pasco es significativo</p>	<p>V.I</p> <p>Análisis hidrológico</p>	<p>Población</p> <p>Conjunto de datos hidrográficos</p>	<p>Método</p> <p>Hipotético - deductivo</p>	<p>Estadística Inferencial</p>
<p>Problemas Específicos</p> <p>¿Cuál es la precipitación total mensual en el relleno sanitario municipal en el Distrito de Huayllay – Provincia y Región Pasco?</p>	<p>Objetivos Específicos</p> <p>Evaluar la precipitación total mensual en el relleno sanitario municipal en el Distrito de Huayllay – Provincia y Región Pasco</p>	<p>Hipótesis Específicas</p> <p>La precipitación total mensual en el relleno sanitario municipal en el Distrito de Huayllay – Provincia y Región Pasco es alta</p>			<p>Nivel de investigación</p> <p>Explicativo</p>	<p>Validación de hipótesis</p> <p>Pruebas paramétricas</p>
<p>¿Cuál es la precipitación máxima en 24 horas en el relleno sanitario municipal en el Distrito de Huayllay – Provincia y Región Pasco?</p>	<p>Evaluar la precipitación máxima en 24 horas en el relleno sanitario municipal en el Distrito de Huayllay – Provincia y Región Pasco</p>	<p>La precipitación máxima en 24 horas en el relleno sanitario municipal en el Distrito de Huayllay – Provincia y Región Pasco es alta</p>	<p>Relleno sanitario municipal</p>	<p>Muestreo intencionado no probabilístico</p>	<p>Diseño</p>	<p>T student</p>
<p>¿Cuál es la información geográfica de las microcuencas del relleno sanitario municipal en el distrito de Huayllay-Provincia y Región Pasco?</p>	<p>Evaluar la información geográfica de las microcuencas del relleno sanitario municipal en el distrito de Huayllay-Provincia y Región Pasco</p>	<p>La información geográfica de las microcuencas del relleno sanitario municipal en el distrito de Huayllay-Provincia y Región Pasco es significativo</p>			<p>No experimental</p>	